

فهرست مطالب

.....	سپاسگزاری	۵
.....	پیشگفتار	۱۱

بخش ۱ گم شده در کیهان

.....	۱ چگونه یک کائنات بسازیم	۲۱
.....	۲ به منظومه‌ی شمسی خوش آمدید	۳۳
.....	۳ کائنات کشیشِ اوَنز	۴۶

بخش ۲ بزرگی کره‌ی زمین

.....	۴ مقیاس‌ها و اندازه‌گیری‌ها	۶۳
.....	۵ سنگ شکنان	۸۷
.....	۶ علم با دندان و چنگال خونین	۱۰۷
.....	۷ مواد بنیادی	۱۲۹

بخش ۳ آغاز عصر جدید

.....	۸ کائنات اینشتین	۱۴۹
.....	۹ اتم پر قدرت	۱۷۲
.....	۱۰ سرب از همه‌جا رانده می‌شود	۱۹۱
.....	۱۱ کوارک‌های ماستر مارک	۲۰۵
.....	۱۲ کره‌ی زمین می‌گردد	۲۲۰

بخش ۴ سیاره‌ی پر خطر

.....	۱۳ شلیک از کائنات	۲۳۹
.....	۱۴ آتش درون	۲۶۲
.....	۱۵ زیبای خطرناک	۲۸۳

بخش ۵ از کائنات تا حیات

۳۰۱	سیاره‌ی تنها	۱۶
۳۲۲	تا ژرفای تروپوسفر	۱۷
۳۴۰	پیونددهنده‌ی بزرگ	۱۸
۳۶۲	برآمدن حیات	۱۹
۳۸۲	دنیای کوچک‌ها	۲۰
۴۰۶	حیات ادامه می‌یابد	۲۱
۴۲۴	خدا نگهدار ای حیات	۲۲
۴۴۴	پرمایگی هستی	۲۳
۴۷۱	سلول‌ها	۲۴
۴۸۴	نظریه‌ی یگانه‌ی داروین	۲۵
۵۰۳	ماده‌ی حیات	۲۶

بخش ۶ بزرگ‌راهی به سوی انسان

۵۲۹	عصر یخ	۲۷
۵۴۸	دوپای اسرارآمیز	۲۸
۵۷۲	آدم‌نمای بی‌قرار	۲۹
۵۹۲	خدا نگهدار	۳۰

روزی، لئو سیلارد فیزیکدان به دوستش هانس بته گفت به فکر نوشتن خاطرات روزانه‌اش افتاده است: «نمی‌خواهم منتشرش کنم. فقط می‌خواهم حقایق را برای اطلاع خداوند ثبت کنم.» بته در پاسخ پرسید: «آیا گمان می‌کنی خداوند از این حقایق اطلاع دارد؟» سیلارد گفت: «بله، گمان می‌کنم. او از حقایق اطلاع دارد، اما از این روایت این حقایق به قلم من بی‌خبر است.»

- هانس کریستین فون بایر در کتاب رام کردن اتم
(*Taming the Atom*)

پیشگفتار

وه که چه خوش آمدی. رسیدنت مبارک باد. خوشحالم که توانستی بیایی. می‌دانم که رسیدن به اینجا کاری ساده نبود. به بیان دقیق‌تر، گمان می‌کنم اندکی از آنچه تو تصور می‌کنی دشوارتر بود.

آنچه نخست باید بدانی این است که برای آنکه بتوانی در اینجا باشی تریلیون‌ها اتم سرگردان مجبور بوده‌اند به شکلی و از راه‌هایی حیرت‌انگیز و سرشار از لطف و محبت در یک‌جا گردهم آیند تا تو آفریده شوی. یک چنین گردآمدنی به قدری اختصاصی و یگانه است که پیش از این هیچ‌گاه کوششی برای تحققش به عمل نیامده است و فقط همین یک‌بار است که موجودیتش به حقیقت پیوسته است. طی سال‌های آینده (امید می‌رود که) این ذرات خرد بی هیچ گله و شکایتی دست‌اندرکار میلیون‌ها کوشش آمیخته با مهارت و همکاری لازم برای برپا و یکپارچه نگه‌داشتن تو و فراهم آوردن حالت بی‌نهایت خوش‌آیند اما عموماً کم‌تر فهمیده شده‌ی معروف به هستی باشند.

اینکه چرا اتم‌ها خود را چنین به دردمر می‌اندازند، برای ما همچنان یک معما است. تو بودن در سطح اتم، تجربه‌ای خوش‌حال کننده نیست. اتم‌های تو با همه‌ی توجه مشتاقانه‌ای که دارند عملاً به فکر تو نیستند - یعنی اصلاً نمی‌دانند که تویی هم در کار است. آن‌ها حتی نمی‌دانند که خودشان هم در جایی وجود دارند. چون اتم‌ها ذراتی بی‌مغزند، حتی زنده نیستند. (برایت اندکی جالب خواهد بود اگر قرار می‌شد خودت را ذره ذره، هر بار یک اتم، با یک موجین از هم واکنی، کوهی از غبار نرم اتمی به وجود می‌آوری که هیچ یک از اتم‌هایش پیش از این کار زنده نبوده‌اند اما جملگی، یک زمانی تو بوده‌اند.) اما همین اتم‌ها، به گونه‌ای، در سراسر دوره‌ی هستی تو به یک و سوسه‌ی فراگیر همیشگی پاسخ خواهند داد: تو را، تو نگه‌دارند.

اما مشکل اینجاست که اتم‌ها ناپایدارند و زمان دلبستگی‌شان کوتاه - و عملاً بسیار زودگذر - است. حتی انسانی با عمر طولانی، حداکثر ۶۵۰,۰۰۰ ساعت

زندگی می‌کند. و زمانی که این فرسنگ‌شمار کم فاصله به پایان خود نزدیک می‌شود، یا در نقطه‌ای نزدیک به آن، اتم‌های تو هستی‌ات را به علت‌های نامعلوم متوقف خواهند ساخت، وجودت را بی‌صدا از هم تفکیک خواهند کرد و به راه‌شان ادامه خواهند داد تا چیزهایی دیگر شوند. و چنین است داستان تو. با این حال، تو ممکن است احساس شادی کنی از این که چنین چیزی رخ می‌دهد. به‌طور کلی و تا جایی که ما می‌دانیم، این پدیده همواره در کائنات رخ می‌دهد. تردیدی نیست که خیلی عجیب است زیرا اتم‌هایی که چنین آزادانه و به‌طور ذاتی دسته‌دسته در جاهایی گرد هم می‌آیند تا موجودات زنده‌ی روی کره‌ی خاکی را پدید آورند، درست همان اتم‌هایی هستند که از آن کار دست برمی‌دارند و می‌روند همان کار را در جایی دیگر آغاز می‌کنند. حیات، هرچیز دیگری که باشد در حوزه یا محدوده‌ی علم شیمی، به‌طرز حیرت‌آوری مادی است: کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن، اندکی کلسیم، قدری گوگرد و گرده‌ی سبکی از عناصر دیگر - نه چیزی که نتوان در یک رودخانه‌ی عادی پیدا کرد - کل آن چیزهایی هستند که به این منظور نیاز داریم. تنها نکته‌ی استثنایی در اتم‌های پدیدآورنده‌ی تو آن است که چیزی را در قالب تو پدید می‌آورند. البته این همان معجزه‌ی حیات است.

اتم‌ها چه در گوشه‌های دیگری از کائنات تشکیل حیات بدهند چه ندهند، بسیاری کارهای دیگر انجام می‌دهند؛ به بیان دیگر، هرچیز دیگری را هم که در جهان می‌بینیم تشکیل می‌دهند. بدون اتم، آب یا هوا یا سنگ، ستارگان یا سیاره‌ها، ابرهای گازی دور دست یا سحابی‌های پر پیچ و تاب یا هیچ‌یک از چیزهای دیگری که کائنات را به ماده‌ای چنین مفید تبدیل می‌کنند وجود نخواهند داشت. اتم‌ها به‌قدری پرشمار و ضروری‌اند که ما خیلی ساده از یاد می‌بریم که اصولاً به وجودشان نیاز داریم. هیچ قانونی وجود ندارد که بر طبق آن کائنات ملزم شود خود را از ذرات خرد مادی انباشته سازد یا نور و جاذبه و دیگر خواص فیزیکی را که هستی ما بر محور آن‌ها می‌چرخد تولید کند. به عبارت دقیق‌تر، هیچ نیازی به وجود کائنات هم نیست. در دوران‌هایی بس طولانی، کائناتی در کار نبود. اثری از اتم‌ها یا کائنات هم نبود که اتم‌ها بتوانند آن را جولانگاه خویش سازند. چیزی وجود نداشت - هیچ چیزی در هیچ جا.

پس خدا را شکر که اتم‌ها پیدا شدند. اما همین که تو دارای اتم هستی و اتم‌ها چنین مشتاقانه در یک‌جا گرد می‌آیند، فقط جزیی از آن چیزی است که تو را تا بدین‌جا رسانده است. برای آنکه تو اکنون در اینجا، زنده و در آغاز سده‌ی بیست‌ویکم باشی و از هوش کافی برای پی‌بردن به آن نیز برخوردار باشی، می‌بایست وارث زنجیره‌ی خارق‌العاده‌ای از خوش‌اقبال‌های زیست‌شناختی بوده باشی. بقای حیات در کره‌ی زمین، پدیده‌ای بس دشوار و پیچیده است. از میان میلیاردها میلیارد انواع موجودات زنده‌ای که از آغاز زمان تاکنون پای به عرصه‌ی هستی نهاده‌اند، اغلب‌شان - ۹۹/۹۹ درصد - دیگر وجود ندارند. همچنان که می‌بینی، حیات در کره‌ی خاکی نه فقط عمری کوتاه دارد بلکه به‌طرز نومیدکننده‌ای ظریف است و به تارمویی بستگی دارد. از خصوصیات شگفتی‌آور هستی ما آن است که ما از کره‌ای برخاسته‌ایم که خیلی خوب به گسترش حیات یاری می‌رساند ولی مهارتش در خاموش کردن شعله‌های حیات بسی بیشتر است.

عمر هر گونه‌ی زنده در کره‌ی زمین به‌طور متوسط فقط چیزی در حدود چهارمیلیون سال ادامه پیدا می‌کند، به‌همین علت اگر بخواهی چهارمیلیون سال در عرصه‌ی خاک حضور داشته باشی باید همانند اتم‌های تشکیل‌دهنده‌ی خودت ناپایدار و تغییرپذیر شوی. باید برای تغییر دادن همه‌چیز در وجود خودت - شکل، اندازه، رنگ، خویشاوندی گونه‌ای، همه‌چیز - آماده شوی و این کار را بارها و بارها انجام دهی. به زبان آوردن این سخن بسی آسان‌تر است تا عملی کردن آن، زیرا فرآیند تغییر، فرآیندی تصادفی است. خارج شدن از «گلوبول اتمی و پروتوپلاسمایی آغازین» (به‌گفته‌ی گیلبرت و سالیون) و رسیدن به مرحله‌ی انسان صاحب آگاهی و راست‌قامت امروزی، مستلزم آن بوده است که تو صفات جدید را بارها و بارها و به‌روشی دقیقاً زمان‌بندی‌شده در یک دوره‌ی فوق‌العاده طولانی دستخوش جهش کنی. بنابراین در ۳/۸ میلیارد سال گذشته تو از اکسیژن متنفر شده‌ای و سپس به گرد آن حلقه زده‌ای، صاحب باله و دست و پا و بادبان‌های مطمئن شده‌ای، تخم گذاشته‌ای، با زبان دو شاخه‌ات هوا را به حرکت درآورده‌ای، صاحب موهای لخت و براق شده‌ای، پشمالو شده‌ای، در زیر زمین زندگی کرده‌ای، روی درخت زندگی کرده‌ای، جثه‌ای

به بزرگی گوزن داشته‌ای یا همچون موش کوچک بوده‌ای، و میلیون‌ها چیز دیگر. کوچک‌ترین انحراف از هر یک از این جابه‌جایی‌ها و تغییرات تکاملی، کافی بود که امروزه مشغول لیسیدن جلبک‌های آویخته از دیوار غارها باشی یا همچون فیل دریایی بر ساحلی سنگی ولو شده باشی یا هوا را از سوراخی بر فرق سرت بیرون دهی و برای به‌چنگ آوردن یک مشت کرم ماسه‌زی و پر کردن دهانت تا عمق بیست متری دریا پایین بروی.

تو نه فقط آن‌قدر خوش‌بخت بوده‌ای که از روزگاران بسیار کهن به یک شاخه‌ی تکاملی مناسب تعلق داشتی بلکه در عین‌حال از دیدگاه نیاکان شخصی‌ات بی‌نهایت - یا بهتر است بگوییم به‌طرزی معجزه آسا - خوش‌بخت بوده‌ای. به این نکته توجه کن که در یک دوره‌ی ۳/۸ میلیارد ساله، دوره‌ای کهن‌تر از عمر کوه‌ها و رودها و اقیانوس‌های کره‌ی زمین، هر یک از نیاکان پدری و مادری‌ات از جذابیت کافی برای پیدا کردن یک جفت برای خودش برخوردار بوده و سلامت لازم برای تولیدمثل را داشته است و سرنوشت و عوامل محیطی نیز به‌قدر کافی با او همراه بوده‌اند که عمر طولانی لازم برای چنین چیزی را در اختیارش گذاشته‌اند. حتی یکی از نیاکان مستقیمت زیر پاله نشد، از هم دریده نشد، غرق نشد، از گرسنگی نمرد، درمانده نشد، در جایی گیر نیفتاد، بی‌موقع زخمی نشد، یا به‌شکلی، از یک عمر کوشش و جستجو برای تحویل قطره‌ی کوچکی از ماده‌ی وراثتی خود به شریک و جفتش در لحظه‌ی مناسب و برای ابدی ساختن تنها توالی ترکیب‌های موروثی که می‌توانست - سرانجام به‌طرزی حیرت‌آور و در یک آن - به پیدایش تو بیانجامد دست برنداشت و منحرف نشد.

این کتاب به تو می‌گوید که این همه چگونه رخ داد - به‌ویژه آنکه درمی‌یابیم ما چگونه از هیچ‌بودن به چیزی‌بودن رسیدیم، و سپس چگونه ذره‌ای از آن چیز به ما تبدیل شد، و نیز با بخشی از آنچه در آن فاصله و از آن پس رخ داد آشنا می‌شویم. این البته چیز کمی نیست، و به‌همین علت است که عنوان کتاب را نیز با آنکه عملاً تاریخچه‌ی همه چیز نیست، تاریخچه‌ی تقریباً همه چیز برگزیده‌ام. این کتاب نمی‌تواند تاریخچه همه چیز باشد، اما خوشبختانه وقتی خواندش را

به پایان می‌رسانیم احساس خواهیم کرد که چنین است. نقطه‌ی آغاز کار خود من، هر ارزشی که می‌خواهد داشته باشد، یک کتاب مصور علمی بود که در کلاس چهارم یا پنجم به‌عنوان کتاب درسی مدرسه‌ی ما انتخاب شده بود. این کتاب از نوع کتاب‌های درسی رایج در دهه‌ی ۱۹۵۰ بود^۲ - فرسوده، دوست‌نداشتنی، سنگین و پر - اما در یکی از صفحات نزدیک به صفحه‌ی عنوانش تصویری چاپ شده بود که توجه مرا با یک نگاه به خود جلب کرد: نموداری برش خورده، درون کره‌ی زمین را طوری نشان می‌داد که گویی چاقویی به‌دست گرفته و یک چهارم از حجم کلی آن را با احتیاط بریده و برداشته‌اند. به‌سختی می‌توان باور کرد که من تا پیش از آن هیچ‌گاه چنان تصویری را ندیده بودم، ولی ظاهراً ندیده بودم چون خیلی خوب به‌یاد می‌آورم که به‌محض دیدنش از حیرت در جای خود می‌خکوب شدم. راستش را بخواهید گمان می‌کنم علاقه‌ی آن روزی من بر اساس تصویری خصوصی از چند گروه موتورسوار از همه‌جایی خبر شکل گرفت که در ایالت‌های بیابانی آمریکا و از لبه‌ی یک پرتگاه بلند به طول ۶,۰۴۰ کیلومتر که بین آمریکای مرکزی و قطب شمال فرورفتگی پیدا می‌کند پیش می‌رفتند، اما توجهم تدریجاً و به‌روشی محققانه به‌سوی مفهوم علمی این نقشه و دریافت این نکته جلب می‌شد که فهمیدم کره‌ی زمین از چندین لایه‌ی متمایز تشکیل می‌شود و در مرکز آن کره‌ای سوزان از آهن و نیکل قرار دارد که بر اساس شرح زیر آن حرارتی معادل حرارت سطح خورشید دارد، و به‌یاد دارم که با شگفتی و صفا ناپذیری از خودم پرسیدم: «از کجا می‌دانند که چنین است؟»

من حتی یک لحظه در صحت اطلاعات یادشده تردید نکردم - امروزه هم به سخنان دانشمندان همان‌گونه باور دارم که به سخنان جراحان، لوله‌کش‌ها و دیگر صاحبان اطلاعات سری و محرمانه ایمان دارم - اما صادقانه می‌گویم که نمی‌توانستم تصور کنم چگونه ممکن است ذهن آدمی از شکل ظاهر و ترکیبات تشکیل‌دهنده‌ی فضاهایی سردرآورد که هزاران کیلومتر پایین‌تر از او قرار دارند، هیچ چشمی آن‌ها را ندیده یا اشعه‌ی ایکس هم نتوانسته است در آن‌ها نفوذ کند. آنچه دیدم در نظرم یک معجزه بود. ارتباطم با دنیای علم از آن زمان تاکنون همین‌گونه بوده است.

من که شدیداً به هیجان آمده بودم کتاب را آن شب با خودم به خانه آوردم و پیش از شام بازش کردم - که همین باعث شد مادرم دستی بر پیشانی‌ام بگذارد و از مریض نبودنم مطمئن شود - و از صفحه‌ی اول شروع به خواندن کردم. اما نتیجه. کتاب اصلاً جالب یا هیجان‌انگیز نبود. بر روی هم، می‌توان گفت قابل فهم هم نبود. به‌ویژه آنکه به هیچ یک از پرسش‌هایی که مشاهده‌ی آن تصویر در یک ذهن جستجوگر عادی بر می‌انگیزد پاسخ نمی‌داد: کره‌ی زمین چگونه صاحب خورشیدی در دل خود شد؟ و اگر چنین خورشیدی در آنجا آرام آرام می‌سوزد چرا زمینی که با پای ما تماس دارد داغ نیست؟ و چرا دیگر بخش‌های درونی زمین مذاب نیستند - یا چرا هستند؟ و وقتی هسته‌ی مرکزی زمین سرانجام می‌سوزد و از میان می‌رود آیا بخشی از زمین به درون خلاء حاصل از آن نابودی فروخواهد ریخت و حفره‌ای غول‌آسا بر سطح زمین بر جا خواهد گذاشت؟ از کجا مطمئنی؟ چگونه از چنین چیزی سر در آوردی؟

اما نویسنده‌ی کتاب به طرز عجیبی درباره‌ی این گونه جزئیات سکوت اختیار کرده بود - به عبارت دقیق‌تر در مورد هر موضوعی سکوت اختیار کرده بود به استثنای طاق‌دیس‌ها، ناودیس‌ها، گسل‌های محوری، و مانند اینها. گویی تمام این موارد را از سر عقل پنهان نگه‌داشته بود تا جملگی را غیرقابل اندازه‌گیری و درک نشان دهد. با گذشت سال‌ها، من تدریجاً در مورد این که چنین تفسیری یک تمایل درونی خصوصی است دستخوش تردیدهایی شدم. به نظر می‌رسید که نوعی توطئه‌ی گیج‌کننده‌ی جهانی در میان نویسندگان کتاب‌های درسی وجود داشت تا به خواننده اطمینان دهند مطالبی که آنها بررسی می‌کنند هیچ‌گاه به مرز موضوعات اندکی جالب نزدیک نمی‌شود و فاصله‌ی بین آن مطالب با مطالب آشکارا جالب توجه به اندازه‌ی تلفن کردن از یک راه دور است.

اکنون می‌دانم سپاه بزرگی از نویسندگان موضوعات علمی در آمریکا وجود دارند که با نثری صریح و پرهیجان می‌نویسند - مانند تیموثی فریس، ریچارد فورتی و تیم فلنری که سه تن از برجسته‌ترین‌های این عرصه هستند (البته اگر نخواهیم از مرحوم ریچارد فاینمن یاد کنیم که جایگاهی چون خدایان به دست آورده بود) - ولی متأسفانه تا این تاریخ هیچ‌یک از آنها نویسنده‌ی یکی از کتاب‌های درسی مورد استفاده‌ی من نبوده‌اند. تمام کتاب‌های درسی من به قلم

مردانی (همیشه مردان) به رشته‌ی نگارش درآمدہ بودند که معتقد بودند هر نکته‌ای زمانی روشن می‌شود که در قالب فرمول بیان شود، و نیز به این اعتقاد جالب و گمراه‌کننده باور داشتند که کودکان آمریکایی دوست دارند فصل‌های کتاب‌های‌شان با یک بخش شامل پرسش‌هایی به پایان برسد که آن‌ها بتوانند سر فرصت درباره‌شان تأمل و تفکر کنند. به این ترتیب، سال‌های عمر را پشت سر می‌گذاشتم و معتقد بودم که علم چیزی بی‌نهایت کسل‌کننده است، اما گمان می‌کردم که نیازی به کسل‌کننده بودن ندارد و اگر از دستم برمی‌آمد اصلاً به چنین چیزی نمی‌اندیشیدم. مدت‌ها نیز به اعتقاد خود پای‌بند شدم.

اما سال‌ها بعد - چهار یا پنج سال پیش - که با هواپیما در مسیری طولانی از آن سوی اقیانوس آرام سفر می‌کردم، از پشت پنجره به اقیانوس روشن از تابش نور ماه خیره شده بودم که ناگهان احساسی قوی در من بیدار شد و من به خودم گفتم گویا درباره‌ی تنها کره‌ای که می‌خواهم به زندگی در آن ادامه دهم چیزی نمی‌دانم. مثلاً نمی‌دانستم چرا آب اقیانوس‌ها شور است ولی آب دریاچه‌های بزرگ شمال شرقی آمریکا شور نیست. کوچک‌ترین تصویری از پاسخ به این پرسش در ذهن خود نداشتم. هیچ نمی‌دانستم که گذشت زمان بر شوری آب اقیانوس‌ها می‌افزاید یا از آن می‌کاهد، و آیا سطوح شوری آب اقیانوس‌ها از موضوعاتی است که من باید نگرانش باشم یا بهتر است در موردش نیندیشم. (با خوشحالی می‌خواهم بگویم که دانشمندان نیز تا اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰ پاسخی برای این پرسش‌ها نداشتند: آن‌ها فقط با صدای قابل شنیدن درباره‌ی این موضوعات صحبت نمی‌کردند.)

درجه‌ی شوری آب اقیانوس‌ها، البته باریک‌ترین عرصه‌ی نادانی و بی‌اطلاعی من بود. نمی‌دانستم پروتون یا پروتئین چیست، کوارک را از کوارک تشخیص نمی‌دادم، نمی‌دانستم زمین‌شناس‌ها چگونه می‌توانند نگاهی به یک لایه از توده‌ی سنگ دیواره‌ی یک دره بیندازند و عمر آن را تشخیص دهند، حقیقتاً چیزی نمی‌دانستم. یک اشتیاق آرام و خارق‌العاده برای یاد گرفتن و دانستن برخی نکات درباره‌ی این موضوعات و دریافتن اینکه تاکنون چند نفر توانسته‌اند از آن‌ها سر درآورند آرام‌آرام بر وجودم چیره شد. این همواره بزرگ‌ترین شگفتی زندگی‌ام بوده است - دانشمندان چگونه از مسایل سردر می‌آورند. فلان

دانشمند چگونه می‌داند کوهی زمین چه وزنی دارد یا سنگ‌هایش چه عمری دارند یا چه چیزهایی در اعماق زمین نهفته است؟ چگونه می‌توانند به چگونگی و زمان پیدایش کائنات و شکل کائنات در نخستین روزهای پیدایش‌اش پی ببرند؟ چگونه می‌توانند دریابند که در درون اتم چه می‌گذرد؟ و سرانجام اینکه — یا شاید مهم‌تر از همه اینکه — چگونه ممکن است غالباً چنین به نظر برسد که دانشمندان تقریباً همه‌چیز را می‌دانند اما باز نمی‌توانند یک زمین‌لرزه را پیش‌بینی کنند یا حتی بگویند که اگر فردا به تماشای مسابقه‌ی فوتبال می‌رویم با خودمان چتر برداریم؟

بدین سان بود که تصمیم گرفتم بخشی از عمرم را — که از قرار معلوم سه سال شده است — به مطالعه‌ی کتاب‌ها و مجله‌ها و یافتن کارشناسانی پارسامنش و شکیبیا و آماده‌ی پاسخ‌گویی به انبوهی از پرسش‌های فوق‌العاده گنگ اختصاص دهم. اندیشه‌ی اصلی در این کار، پی بردن به این نکته بود که آیا نمی‌توان شگفتی و دستاوردهای علم را در سطحی که خیلی فنی یا دشوار نیست و در عین حال تماماً سطحی هم نیست فهمید یا درک کرد — یا از آن در شگفت شد یا حتی از آن لذت برد؟

این اندیشه و امید من بود و کتابی هم که می‌خواهید به مطالعه‌اش پردازید با چنین هدفی به نگارش درآمده است. به هر حال، برای این کار، راهی بس دراز و زمانی بس کمتر از ۶۵۰,۰۰۰ ساعت در پیش داریم. پس بیایید گام در راه بگذاریم.

بخش ۱ گم شده در کیهان

آنها همگی در یک سطح قرار دارند. همگی در یک جهت به گردش درآمده‌اند... می‌دانید، کامل است. عالی است. تقریباً استثنایی است.

- جفری مارسی فزانورد در توصیف منظومه‌ی شمسی

۱ چگونه یک کائات بسازیم

شما هر قدر هم که به خودتان زحمت دهید، هیچ‌گاه نخواهید دانست که یک پروتون به‌راستی چقدر ریز و کم حجم است. فقط بدانید کوچک‌تر از آن است که بتوان در تصور آورد.

پروتون ریزترین جزء تشکیل‌دهنده‌ی اتم است، که البته خود اتم نیز چیزی بس ریز و خیال‌انگیز است. پروتون‌ها به‌قدری ریزند که یک لکه‌ی بسیار کوچک مرکب، مانند نقطه‌ی بالای حرف انگلیسی *i* می‌تواند چیزی در حدود ۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰ (پانصد میلیارد) از آن‌ها را در خود جای دهد، که این از مجموع ثانیه‌های تشکیل‌دهنده‌ی پانصد هزار سال اندکی بیشتر است. سخن آخر آنکه پروتون‌ها، ذراتی بی‌نهایت میکروسکوپی هستند.

حال اگر می‌توانید (که البته نمی‌توانید)، تصور کنید یکی از این پروتون‌ها را تا یک میلیاردیم اندازه‌ی طبیعی‌اش کوچک‌تر کرده و در فضایی بس کوچک قرار داده‌اید که پروتون در داخل آن به صورت ذره‌ای بس بزرگ به‌نظر می‌رسد. حال بیایید ماده‌ای معادل یک اونس (واحد وزن معادل ۲۸/۳۵ گرم) را در درون آن فضای کوچک کوچک بگنجانید. عالی است. اکنون برای ساختن یک کائات آماده شده‌اید.

البته من چنین فرض می‌کنم که شما در نظر دارید یک کائات گسترش‌یابنده بسازید. اما اگر ترجیح دهید کائاتی قدیمی و دارای ابعادی مشخص از نوع انفجار بزرگ بسازید به مواد اضافی نیاز پیدا خواهید کرد. به عبارت دقیق‌تر مجبور خواهید شد هر آنچه را که به دست‌تان می‌رسد - هر ذره‌ی ریز و درشت مادی در حد فاصل از اینجا تا مرزهای آفرینش - را گردآوری کنید و در درون فضای چنان بی‌نهایت خرد و فشرده‌ای بگنجانید که اصلاً بُعدی ندارد. این چنین خصوصیتی تکینگی نامیده می‌شود.

در هر حال، خودتان را برای یک انفجار به‌راستی بزرگ آماده کنید. طبیعی است که برای مشاهده‌ی این منظره دلتان می‌خواهد عقب‌تر بروید و خودتان را به نقطه‌ای امن برسائید. متأسفانه جایی برای عقب‌تر رفتن نیست زیرا در خارج از تکینگی،

هیچ جایی وجود ندارد. وقتی کائنات دست‌اندرکار گسترش خود می‌شود، طوری گسترش نمی‌یابد که خلاء یا فضای خالی بزرگتری را پر کند. تنها فضایی که وجود دارد همان فضایی است که کائنات به هنگام گسترش خود ایجاد می‌کند. مجسم کردن تکینگی به صورت نقطه‌ای باردار که از خلایی تاریک و بی‌مرز آویخته است کاری طبیعی به نظر می‌رسد ولی خطا است. اما هیچ اثری از فضا یا تاریکی نیست. تکینگی در پیرامون خود هیچ «اطرافی» ندارد. هیچ فضایی برای اشغال شدن از سوی تکینگی و هیچ مکانی برای قرارگرفتن تکینگی در آن وجود ندارد. حتی نمی‌توان پرسید تکینگی از چه زمانی وجود داشته است - یا همین اواخر، مانند فکری خوب که تصور می‌شود ناگهان پدیدار شده است، یا آنکه از ازل وجود داشته و آرام به انتظار لحظه‌ی مناسب بوده است. زمان، وجود دارد. اما برای زمان، گذشته‌ای وجود ندارد که زمان از دل آن سر برآورد. و به این ترتیب است که کائنات ما از هیچ آغاز می‌شود.

تکینگی با یک ضربت یا تپ مستقل خیره‌کننده و در لحظه‌ای پُرشکوه و بس زودگذر و آنی و فراگیر که اندر بیان نگنجد، ابعادی آسمانی و فضایی خارج از حدود ادراک ما پیدا می‌کند. در نخستین ثانیه‌ی سرشار از آفرینش (ثانیه‌ای که کیهان‌شناسان بسیاری، چندین دوره از زندگانی خود را وقف بریدن آن به صورت لایه‌های هرچه نازکتر خواهند کرد) جاذبه و نیروهای دیگری تولید می‌شوند که بر علم فیزیک غالب هستند. در کم‌تر از یک دقیقه، ابعاد کائنات یک میلیون میلیارد بار بزرگ‌تر می‌شود و شتابان انبساط می‌یابد. در این لحظه، دمای کائنات بسیار زیاد می‌شود و به ده میلیارد درجه می‌رسد و برای آغاز واکنش‌های هسته‌ای ایجادکننده‌ی عناصر سبک‌تر - عمدتاً هیدروژن و هلیوم و اندکی (در حدود یک اتم در هر صد میلیون) لیتیوم - کفایت می‌کند. در سه دقیقه، ۹۸ درصد کل ماده‌ای که در کائنات وجود دارد یا وجود خواهد داشت تولید می‌شود. کائنات به وجود می‌آید. این کائنات، جایی است سرشار از شگفتی و امکانات ارض‌کننده و در عین حال زیبا. و تمامی این تغییرات در زمانی معادل زمان لازم برای آماده‌کردن یک ساندویچ رخ می‌دهند.

اینکه لحظه‌ی مزبور کی رخ داد، تا حدودی جای بحث دارد. کیهان‌شناسان از مدت‌ها پیش درباره‌ی این نکته با یکدیگر بحث و مجادله داشته‌اند که دریابند لحظه‌ی آفرینش ۱۰ میلیارد سال پیش بوده است یا بیست میلیارد سال

پیش یا نقطه‌ای در حد فاصل این دو. چنین به نظر می‌رسد که کم‌کم در مورد رقم ۱۳/۷ میلیارد سال به توافق نزدیک می‌شوند، اما اندازه‌گیری و تعیین زمان دقیق چنین چیزهایی، همچنان که در صفحات بعد خواهیم دید فوق‌العاده دشوار است. آنچه حقیقتاً در این مورد می‌توان گفت آن است که در نقطه‌ای نامعین در گذشته‌ای بس دور، به علل نامعلوم لحظه‌ای به وجود آمد که در علم با عبارت $t=0$ توصیف می‌شود. ما همچنان به راه خودمان ادامه می‌دادیم.

البته خیلی چیزها هست که ما چیزی درباره‌شان نمی‌دانیم و بخش بزرگی از آنچه را که تصور می‌کنیم چیزی درباره‌اش می‌دانیم عملاً نشناخته‌ایم یا تصور کرده‌ایم که از مدت‌ها قبل شناخته‌ایم. حتی نظریه انفجار بزرگ نیز نظریه‌ای بسیار جدید است. این نظریه از حدود دهه‌ی ۱۹۲۰ به بعد که نخستین بار به طور آزمایشی از سوی ژرژ ادوار لومتر کشیش فیزیکدان و منجم بلژیکی مطرح شد، مورد توجه و بررسی بوده است اما تا اواسط دهه‌ی ۱۹۶۰ که دو متخصص اخترشناسی رادیویی به کشفی خارق‌العاده و سهوی نایل آمدند هنوز به نظریه‌ای فعال در عرصه‌ی کیهان‌شناسی تبدیل نشده بود.

این دو اخترشناس، آرنو پنزیاس و رابرت ویلسن نام داشتند. در سال ۱۹۶۵ آن‌ها می‌کوشیدند از یک آنتن مخابراتی عظیم متعلق به آزمایشگاه‌های شرکت بل در شهر هامدل از ایالت نیو جرزی استفاده کنند اما یک صدای پس‌زمینه‌ی پیوسته - صدای هیس یکسره و بخارمانند که هر کار آزمایشی را غیرممکن می‌ساخت - در کارشان اختلال ایجاد می‌کرد. این صدا بی‌وقفه و بدون تمرکز در نقطه‌ای خاص ادامه داشت. از هر گوشه‌ی آسمان، شب و روز و در هر فصلی به گوش می‌رسید. اخترشناسان جوان، یک سال از عمرشان را در راه انواع کارهایی گذاشتند که گمان می‌کردند به ردیابی و از میان بردن آن صدا خواهد انجامید. تک‌تک دستگاه‌های الکتریکی را آزمایش کردند. ابزارهای دقیق را از نو ساختند، مدارها را آزمایش کردند، سیم‌ها و کابل‌ها را شل و سفت کردند، پریزها را گردگیری کردند. از دیش بالا رفتند و تک‌تک درزها و پرچ‌ها را با نوار لوله‌ای پوشاندند. دوباره از دیش بالا رفتند، با جارو و فرچه به جانش افتادند و سطح آن را از وجود چیزهایی که بعدها در یک مقاله از آن با عبارت «ماده‌ی سفید دی‌الکترونیک» یا فضله‌ی پرندگان به زبان عوام نام بردند پاک کردند. هیچ یک از چاره‌هایی که اندیشیدند مؤثر واقع نشد.

بی‌آنکه این دو اطلاعی از آن داشته باشند، درست به فاصله‌ی ۵۰ کیلومتر آن سوتر، در دانشگاه پرینستن، گروهی از دانشمندان به رهبری رابرت دایک، دست‌اندرکار تحقیق برای یافتن همان چیزی بودند که این دو می‌کوشیدند از شرش خلاص شوند. پژوهشگران دانشگاه پرینستن اندیشه‌ای را راهنمای خود قراردادده بودند که در دهه‌ی ۱۹۴۰ از سوی جورج گاموف، اختریف‌یکدان روس تبار پیشنهاد شده بود، با این مضمون که هرگاه به دقت در ژرفای فضا بنگرید متوجه نوعی تشعشع پس‌زمینه‌ی کیهانی می‌شوید که از انفجار بزرگ برجا مانده است. گاموف از محاسبات خود نتیجه گرفت که این تشعشع هرگاه از پهنای کیهان بگذرد به شکل ریزموج (مایکروویو) به کره‌ی زمین می‌رسد. او در یکی از مقالات پایانی عمرش حتی ساخت ابزاری را پیشنهاد کرده بود که احتمال می‌داد که خودش از عهده‌ی این کار برآید: آنتن بل در شهر هامدل. متأسفانه نه پنزیاس و ویلسن مقاله‌ی گاموف را مطالعه کرده بودند نه هیچ یک از دانشمندان عضو گروه دانشگاه پرینستن.

البته صدایی که پنزیاس و ویلسن می‌شنیدند صدایی بود که گاموف وجود آن را فرض کرده بود. آن‌ها توانسته بودند لبه‌ی کائنات یا دست‌کم بخش مریی آن را در فاصله ۱۴۴ میلیاردتریلیون کیلومتری کشف کنند. آن‌ها نخستین فوتون‌ها - کهن‌ترین نور موجود در کائنات - را با آنکه بر اثر عامل زمان و مسافت به ریزموج (مایکروویو) تبدیل شده بودند، درست همان‌گونه که گاموف پیشنهاد کرده بود «می‌دیدند». الن گوت در کتاب *کائنات گسترش‌یافته*، مقایسه‌ای انجام می‌دهد که به شناخت منطقی این دستاورد یاری می‌رساند. اگر نگرستن در ژرفای کائنات را همچون نگرستن به سطح خیابان از طبقه‌ی صدم ساختمان امپایر استیپ بیلدینگ در نظر بگیرید (که در آن طبقه‌ی صدم نماینده‌ی زمان حال و سطح خیابان نماینده‌ی لحظه‌ی انفجار بزرگ باشد)، در زمانی که کشف یادشده به کوشش پنزیاس و ویلسن صورت گرفت دورترین کهکشان‌هایی که دانشمندان تا آن زمان ردیابی کرده بودند تقریباً در طبقه‌ی شصتم قرار داشتند، و دورترین اجسام - کوازارها - تقریباً به طبقه‌ی بیستم رسیده بودند. کشف پنزیاس و ویلسن، آشنایی ما با کائنات مریی را به حدود نیم اینچی (۱/۲۲ سانتی‌متر) سطح خیابان رسانید.

پنزیاس و ویلسن که همچنان از علت آن صدا سر درنیاورده بودند، به دایک

در دانشگاه پرینستن تلفن زدند و مشکل‌شان را برای او شرح دادند با این امید که او بتواند راه‌حلی برای آن پیدا کند. دایک بلافاصله متوجه شد که آن دو جوان چه چیزی را کشف کرده بودند. وقتی گوشی را روی تلفن گذاشت، رو کرد به همکارانش و گفت: «بسیار خوب، بچه‌ها، حالا دیگر پیش افتاده‌ایم».

اندکی پس از آن، دو مقاله در *مجله‌ی اخترفیزیک* انتشار یافت: یکی به قلم پنزیاس و ویلسن در تشریح تجربه‌ای که پس از شنیدن صدای هیس اندوخته بودند و دیگری به قلم اعضای گروه دایک در تشریح ماهیت آن هیس. پنزیاس و ویلسن گرچه در جستجوی تشعشعات پس‌زمینه‌ی کیهانی نبودند، وقتی آن را یافتند نمی‌دانستند این تشعشعات چیستند، و در هیچ مقاله‌ای هم به توصیف یا تفسیر ماهیت آن نپرداخته بودند، جایزه‌ی نوبل ۱۹۷۸ در رشته‌ی فیزیک به آن دو اعطا شد. از پژوهشگران دانشگاه پرینستن فقط یک سپاسگزاری به عمل آمد.

دنيس اوورباي در کتاب *قلب‌های تنهای کیهان* می‌نویسد: «پنزیاس یا ویلسن بر روی هم چیزی درباره‌ی اهمیت کشفی که به عمل آورده بودند نمی‌دانستند تا آنکه توجه‌شان به مطالبی در روزنامه‌ی نیویورک تایمز در آن مورد جلب شد.»

از قضا، اختلال ناشی از تشعشعات پس‌زمینه‌ی کیهانی چیزی است که ما جملگی با وجود آن آشناييم. تلویزیون‌تان را روی هر یک از کانال‌هایی که دریافت نمی‌کند روشن کنید و همانجا ننگه‌دارید، در حدود ۱ درصد الکتروسیته‌ی ساکن رقصانی که می‌بینید نتیجه تأثیر این باقی‌مانده‌ی باستانی انفجار بزرگ است. دفعه بعد که از پخش نشدن برنامه‌ی تلویزیونی گله می‌کنید، به یاد داشته باشید که همیشه می‌توانید تولد کائنات را تماشا کنید.

گرچه همه‌ی مردم آن را انفجار بزرگ می‌نامند، در بسیاری از کتاب‌ها هشدار داده می‌شود که آن را انفجار به معنی متعارف کلمه تلقی نکنیم. این پدیده، گسترشی بی‌کرانه و ناگهانی در مقیاسی بس عظیم بود. راستی کدام علت باعث چنین انفجاری شد؟

در یک فرض گفته می‌شود تکینگی، احتمالاً باقیمانده‌ای از یک کائنات متلاشی‌شده‌ی پیشین بوده است - به این معنی که ما فقط یکی از کائنات‌های موجود در چرخه‌ی ابدی کائنات‌های گسترش‌یابنده و متلاشی‌شونده‌ایم، مانند کیسه‌ی هوای روی یک دستگاه اکسیژن. برخی دیگر انفجار بزرگ را به چیزی